



Informationen, Kriterien und Algorithmen für Zertifizierte Passivhaus-Komponenten: Transparente Bauteile und Öffnungselemente in der Gebäudehülle

Version 5.6, 2025-04-01 el/am/jms

Dieses Dokument umfasst die Kategorien Fensterrahmen, Rahmen mit Festverglasung, Fenstersystem, Haustüre, Schiebetüre, Faltanlage, Pfosten-Riegel-Fassade, Glasdach, Öffnungselement im Glasdach, Elementfassaden, Oberlicht/Lichtkuppel und Dachflächenfenster.

Hinweis: Für die Klimazonen heiß und sehr heiß gilt ein besonderer Änderungsvorbehalt, da sich diese Kriterien in der Erprobungsphase befinden.

Zertifikat: geprüfte thermische Qualität

Der Markt für hoch energieeffiziente Gebäude erlebt ein rasches Wachstum, die Nachfrage nach zuverlässigen, leistungstarken Komponenten steigt. Jedoch sind Anforderungen und Möglichkeiten, diese zu erreichen, oft unklar. Manche Hersteller weisen Kennwerte aus, die sie nicht garantieren können.

Das Passivhaus Institut zertifiziert hoch energieeffiziente Komponenten nach internationalen Kriterien, um Anforderungen an Komfort, Hygiene und Effizienz zu erfüllen. Im Rahmen des Zertifizierungsprozesses berät das Institut Hersteller bei der Verbesserung ihrer Produkte. Das Ergebnis sind zukunftsfähige Produkte und zuverlässige thermische Kennwerte zur Eingabe in das PHPP und andere Energiebilanzierungsprogramme.

Vorteile der Zertifizierung:

- Beratung bei der Produktentwicklung für hoch effiziente Gebäude
- Eintritt in einen wachsenden Markt
- Erhöhte Marktsichtbarkeit und Produkterkennung
- Unabhängig geprüft & zertifiziert: Gebrauch des Passivhaus-Komponenten-Siegels
- Darstellung in der Komponenten-Datenbank des Passivhaus Instituts
- Integration in das Gebäudeenergiebilanzprogramm PHPP



Das **Passivhaus Institut (PHI)** ist ein unabhängiges Forschungsinstitut, das eine entscheidende Rolle in der Entwicklung des Passivhaus-Konzepts gespielt hat. Der Passivhaus-Standard ist der einzige weltweit anerkannte Energiestandard für Gebäude, der für konkrete, nachprüfbare Effizienzwerte steht.

www.passiv.de



In der **Passivhaus Komponenten-Datenbank** werden alle durch das PHI zertifizierten Produkte ansprechend dargestellt und einer internationalen Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Integrierte Tools bieten einen hohen Mehrwert für Bauherren, Planer und Hersteller.

Database.passivehouse.com



Das **Passivhaus-Projektierungspaket (PHPP)** ist ein kostengünstiges Energiebilanzierungswerkzeug für hoch energieeffiziente Gebäude. Es ist anhand gemessener Projekte validiert, liefert präzise Ergebnisse und kann von allen Akteuren zuverlässig benutzt werden.

www.passiv.de



Die **IG Passivhaus** ist ein Kompetenz-Netzwerk des PHI, das sich für die Förderung des Passivhauses und die Verbreitung relevanter Kenntnisse und Informationen einsetzt. Es vereint sowohl Architekten, Planer und Hersteller als auch Wissenschaftler und Bauherren.

www.ig-passivhaus.de

Inhalt

1	Präambel.....	2
2	Kriterien für die Zertifizierung	2
2.1	Nachweis der Passivhauseignung, Zertifikat.....	3
2.2	Passivhaus-Effizienzklassen	3
2.3	Zertifizierungs-Kategorien und Umfang der Zertifizierung	4
2.4	Abgrenzung der Klimazonen (Regionen gleicher Anforderungen)	4
3	Funktionale Anforderungen, Randbedingungen, Berechnung.....	6
3.1	Funktionale Anforderung Hygienekriterium	6
3.2	Funktionale Anforderung Behaglichkeitskriterien	6
3.3	Temperaturen und Wärmeübergangswiderstände für die Wärmestromsimulation	6
3.4	Berechnung von f_{Rsi}	7
3.5	Berechnung von U-Werten	7
3.6	Geometrische Kennwerte	7
3.7	Thermische Kennwerte	7
3.8	Besondere Bestimmungen	9
4	Formales, Leistungen des Passivhaus Institutes.....	12
4.1	Ablauf einer Zertifizierung	12
4.2	Benötigte Unterlagen.....	12
4.3	Leistungen des Passivhaus Instituts	12
4.4	Inkrafttreten, Übergangsbestimmungen, Weiterentwicklung	13
5	Abkürzungen, Indices, Formelzeichen	14

1 Präambel

Passivhäuser weisen bei sehr niedrigen Energiekosten eine optimale Behaglichkeit auf und liegen zudem bezüglich ihrer Lebenszykluskosten im ökonomisch rentablen Bereich. Um Behaglichkeit und die geringen Lebenszykluskosten zu erreichen, werden an die eingesetzten Komponenten strenge thermische Anforderungen gestellt, die sich aus Hygiene-, Behaglichkeits- und Effizienzkriterien sowie aus Wirtschaftlichkeitsstudien ableiten. Um hier Qualitäten zu definieren, die Verfügbarkeit hocheffizienter Produkte zu begünstigen, ihre Verbreitung zu fördern und um Planern und Bauherren zuverlässige Kennwerte zur Eingabe in Energiebilanzierungstools bereitzustellen, hat das Passivhaus Institut die Komponentenzertifizierung etabliert.

2 Kriterien für die Zertifizierung

2.1 Nachweis der Passivhauseignung, Zertifikat

Die Zertifizierbarkeit wird über den U-Wert der Komponente und den Temperaturfaktor an der kälteste Stelle der Komponente, nachgewiesen.

Die Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) und die Wärmebrückenverlustkoeffizienten (ψ -Werte) werden in Anlehnung an DIN EN ISO 10077, EN 673 und DIN EN 12631 bestimmt. Der Nachweis der Zertifizierbarkeit erfolgt für festgelegte Bauteilabmessungen der zu zertifizierenden Produkte, vgl. Tabelle 3. Der Nachweis des Hygienekriteriums wird durch 2-dimensionale Wärmestromsimulationen an den Regelschnitten geführt. Maßgeblich ist der ungünstigste Temperaturfaktor.

Des Weiteren werden Effizienzklassen ausgewiesen, vgl. Abschnitt 2.3. Es muss mindestens die Klasse phC erreicht werden.

Das Zertifikat enthält die Produktbezeichnung, Darstellung eines Rahmenschnittes und der Effizienzklasse sowie den Nachweis der Zertifizierbarkeit und relevante Kennwerte, Grafiken sowie Zeichnungen:

Tabelle 1 enthält die Anforderungen, die in den verschiedenen Klimazonen zu erfüllen sind. Die zugehörigen Maße sind in Tabelle 3 zu finden.

2.2 Nachweis der EnerPHit-Eignung

Fenster und Fenstersysteme können zusätzlich als EnerPHit-Komponente ausgezeichnet werden, wenn die Zertifizierungskriterien auch in einer schrittweise durchgeführten Sanierung erreicht werden. Das Hygiene-Kriterium wird auch im eingebauten Zustand abgeprüft. Weitere Informationen siehe Abschnitt 3.9.

2.3 Passivhaus-Effizienzklassen

Zusätzlich werden die Fenster und alle weitere verglasten Komponenten abhängig von den Wärmeverlusten durch den opaken Teil in Effizienzklassen eingestuft¹. In diese Wärmeverluste gehen die Rahmen-U-Werte, die Rahmenbreiten, die Glasrand- Ψ -Werte und die Glasrandlängen ein (vgl. Tabelle 2). Es werden die Mittelwerte der jeweils relevanten Kennwerte verwendet. Im Falle von Pfosten-Riegel-Fassaden und Schrägverglasungen gehen die Wärmeverluste über die Glasträger (χ_{gc}) analog zu Ψ_g mit in die Berechnung der Verluste ein. Gleiches gilt für die Schraubenverluste. Für

¹ Da Informationen zu den möglichen Solargewinnen fehlen, ist U_w nicht ausreichend, um eine Aussage zur Wirkung des Fensters im Gebäude zu treffen. Darum verwendet das PHI Ψ_{opak} , der eine Kenngröße für die Wärmeverluste über die opaken Teile des Fensters ist. Die Solarstrahlung geht auch hier nicht ein. Aber indem alle Verluste über den Rahmen definiert werden, lässt sich eine Aussage über die möglichen Gewinne und damit zur Energiebilanz des Fensters richtungssicher treffen: Je kleiner Ψ_{opak} , umso besser die Energiebilanz des Fensters.

die Fenstersystemzertifizierung gehen mit H_{ve} zusätzlich die Wärmeverluste durch Luftundichtheiten in die Berechnung ein².

Tabelle 1: Hinreichende Zertifikatskriterien und U-Werte der Referenzgläser

Klimazone	Hygiene-Kriterium ¹ $f_{Rsi} = 0,25 \text{ m}^2\text{K/W} \geq$	Element-U-Wert ² [W/(m ² K)]	U-Wert eingebaut [W/(m ² K)]	Referenz-Verglasung [W/(m ² K)]
1 Arktisch	0,80	0,40	0,45	0,35
2 Kalt	0,75	0,60	0,65	0,52
3 Kühl-gemäßigt	0,70	0,80	0,85	0,70
4 Warm-gemäßigt	0,65	1,00	1,05	0,90
5 Warm	0,55	1,20	1,25	1,10
6 Heiß	Keine	1,20	1,25	1,10
7 Sehr heiß	Keine	1,00	1,05	0,90

1 Für Schwellen gilt abweichend das Taupunkt Kriterium, vgl. Abschnitt 6.
2. Für geneigte (45°) und horizontale (0°) Elemente gilt: Es ist der reale U_g -Wert der eingesetzten Verglasung bei Referenzneigung, bestimmt nach DIN EN 673 bzw. alternativ nach ISO 15099, anzusetzen. Der Grenzwert im eingebauten Zustand ist gleich dem Grenzwert des nicht eingebauten Elements. Für die Grenzwerte des Element-U-Wertes für geneigte Bauteile und horizontale Bauteile siehe Abschnitt 6.

Tabelle 2: Passivhaus-Effizienzklassen für transparente Bauteile

Ψ_{opak} [W/(mK)]	Passivhaus-Effizienzklasse	Bezeichnung
$\leq 0,065$	phA+	Very advanced component (sehr fortschrittlich)
$\leq 0,110$	phA	Advanced component (fortschrittlich)
$\leq 0,155$	phB	Basic component (Standard)
$\leq 0,200$	phC	Certifiable component (noch zertifizierbar)

$$\Psi_{opak} = \Psi_g + \frac{U_f \cdot A_f}{l_g} + H_{ve} + 2 \cdot \chi_{gc}$$

² $H_{ve} = \frac{\Delta p}{100 \text{ Pa}}^{2/3} \rho \cdot c_p \cdot Q_{100}$ mit $\Delta p = 6 \text{ Pa}$, $\rho \cdot c_p =$ Wärmekapazität Luft: 0,344 Wh/(m³K),
 $Q_{100} =$ Fugendurchlasskoeffizient (m³/hm) bei 100 Pa

2.4 Zertifizierungs-Kategorien und Umfang der Zertifizierung

Tabelle 3: Kategorien: Definitionen und Festlegungen

Kategorie	Rahmen- Außenmaß (b * h) [m]	Zu berechnende Rahmenschnitte														Zu berech- nende Einbau- Situationen ³	Zusätzlich		
		OB	OJ	OH	FB	FJ	FH	OT	DL	fm	2m	1m	0m	2t	1t			0t	
Fensterrahmen (wi)		X	X	X						(X)	(X)						WDVS + zwei weitere – Schiebetüren: WDVS Haustür: Schnitt unten nur WDVS.	/	
Rahmen mit Festverglasung (fx)	1,23 * 1,48				X	X	X						X					/	
Fenstersystem (ws)	1,23 * 1,48, 2,46 * 1,48 ⁴	X	X	X	X	X	X	X	(X)	(X)	X	X	(X)	(X)	X			CE-Kennzeichnung ⁵ , Luftdichtheit: $Q_{100} \leq 0,25 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m})$	
Haustür (ed)	1,10 * 2,20		X	X				X	X									Luftdichtheit: $(Q_{100} \leq 2,25 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}))$ unter Klimalast	
Türsystem (ds)	1,10 * 2,20 2,20 * 2,20		X	X	(X)	(X)	(X)	X	X	(X)	(X)	(X)						Wie ed, plus Berücksichtigung verglaster Seitenteile	
Schiebetür (sl)	2,4 * 2,5		X	X	X	X	X	X				X						Prüfung der Luftdichtheit	
Pfosten-Riegel- Fassade (cw)	Modulmaß 1,20 * 2,50, vgl. 3.7				X	X	X					X	X			X		Berücksichtigung von Schrauben und Glasträgern	
Glasdach (cwi) (45°)					X	X	X					X	X			X		/	
Dachflächenfenster (rw) (45°)	1,14 * 1,40	X	X	X									X			X		Leichtbau- Dach- konstruktion	/
Elementfassade	0,60 * 1,35 (+) 3,00 * 1,35				X	X	X						X			X		Anschluss zu Geschossdecke mit Befestigung	Opakes Element im Deckenbe- reich, 3D-Simulation der Befesti- gungselemente, Berücksichtigung von Schrauben und Glasträgern
Oberlichter, Licht- kuppeln, Dunkel- klappen (sk) (0°) ⁶	1,50 * 1,50	X	X	X	(X)	(X)	(X)										Stahlbetonflach- dach, Leichtbau Dachkonstruktion	Bei Dunkelklappen wird keine Effi- zienzklasse ausgewiesen	
Lichtband	1,50 * 4,50				X	X	X						2					Dreidimensionale Wärmebrücken werden berücksichtigt.	
Öffnung in Glasdach (ocwi) (45°)	1,20 * 2,50	X	X	X													3 zertifizierte Pfosten-Riegel- Fassaden	/	

³ Einbausituationen werden durch das PHI vorgegeben. Auf Wunsch kann von den Vorgaben abgewichen und weitere Einbausituationen berechnet werden. Der U-Wert der Wände/Dächer darf den nach den Kriterien für opake Bauteile maximal zulässigen Wert nicht überschreiten. Für den Nachweis der EnerPHit-Eignung werden zusätzliche Einbausituationen berechnet, vgl. Abschnitt 3.9. Befestigungsmittel sind zu berücksichtigen.

⁴ Zwei Flügel gekoppelt mit einem Stulp oder Pfosten 2

⁵ Oder gleichwertig inkl. Prüfung der Luftdichtheit (Standard-Test-Methode: DIN EN 1026), Schlagregendichtheit, Gebrauchstauglichkeit.

⁶ Das Kriterium U_g ist bei tatsächlicher Geometrie nachzuweisen. Die Kriterien U_{sk} und $U_{sk, eingebaut}$ sind bei in die Horizontale projiziertem Glas nachzuweisen.

X: geht in die Berechnung ein

X: wird informativ ausgewiesen (X): alternativ: Eine Option muss durch den Hersteller gewählt und geliefert werden

OB: Rahmenschnitt unten (öffenbar), **OJ:** Rahmenschnitt seitlich (öffenbar), **OH:** Rahmenschnitt oben (öffenbar), **F:** für Rahmen mit Festverglasung, **T:** Schwelle, **DL:** Tür-Rahmenschnitt seitlich mit Drückergarnitur, **DJ:** Tür-Bandseite, **fm:** Stulp, **m:** Pfosten, **t:** Riegel, **1:** mit einem Öffnungselement, **2:** mit zwei Öffnungselementen

2.5 Abgrenzung der Klimazonen (Regionen gleicher Anforderungen)

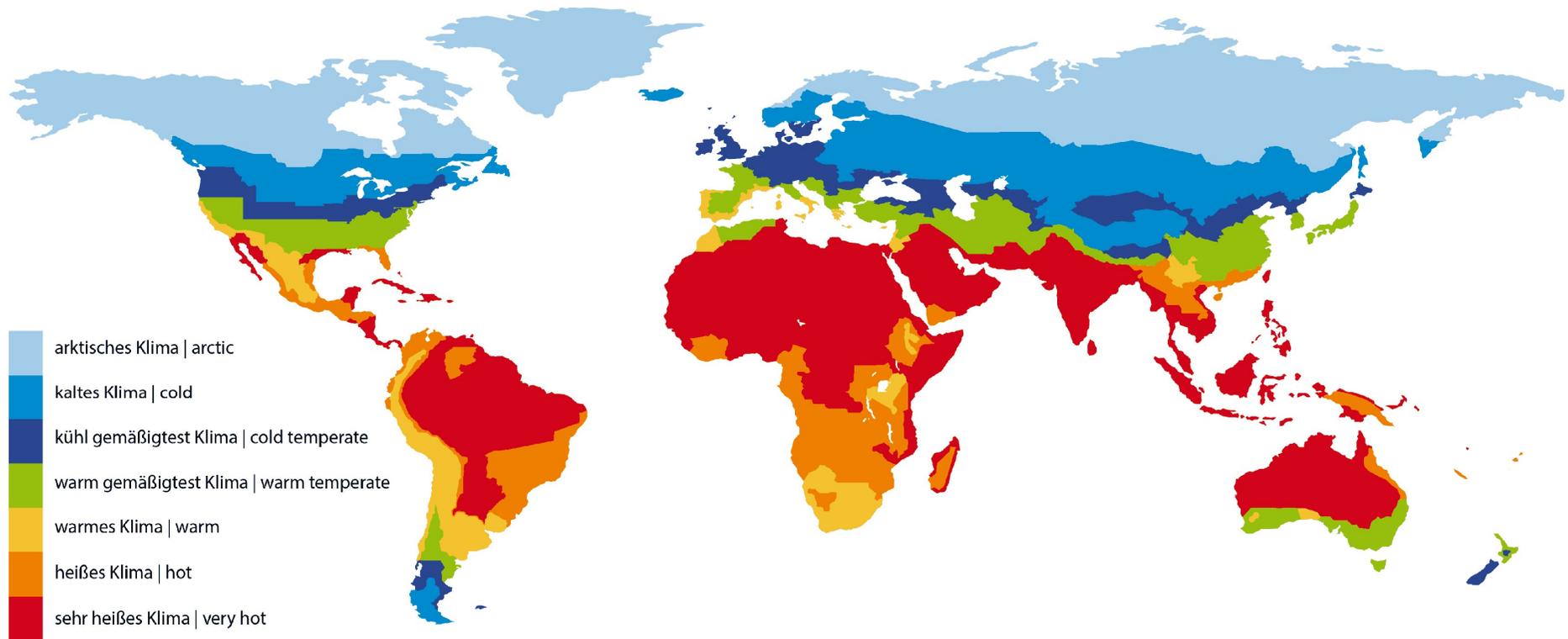


Abbildung 1: Abgrenzung der Regionen gleicher Anforderungen

3 Funktionale Anforderungen, Randbedingungen, Berechnung

3.1 Funktionale Anforderung Passivhaus-Hygienekriterium

Maximale Wasseraktivität (Innenbauteile): $a_w \leq 0,80$

Dieses Kriterium begrenzt aus Hygienegründen die minimale Einzeltemperatur an der Fensteroberfläche. Bei Wasseraktivitäten über 0,80 könnte es zu Schimmelbildung kommen, diese Bedingungen werden daher konsequent vermieden (zum Ansatz der Randbedingungen, vgl. 3.5). Die Wasseraktivität ist die relative Luftfeuchte in der Pore eines Stoffes oder direkt an der Oberfläche über dem Stoff. Für unterschiedliche Klimata ergeben sich daraus als hinreichende Zertifizierungskriterien die in Tabelle 1 genannten Temperaturfaktoren $f_{Rsi} = 0,25^7$.

3.2 Funktionale Anforderung Passivhaus-Behaglichkeitskriterien

Minimale Temperatur von Raumumschließungsflächen: $|\theta_{si} - \theta_{op}| \leq 4,2 \text{ K}$

Dieses Temperaturdifferenzkriterium begrenzt aus Behaglichkeitsgründen die minimale, mittlere Temperatur eines Fensters in Heizklimata. Gegenüber der mittleren operativen Raumtemperatur darf die minimale Oberflächentemperatur um maximal 4,2 K abweichen. Bei einer größeren Differenz kann es zu störendem Kaltluftabfall und Strahlungswärmeentzug kommen. Die Operative Temperatur (θ_{op}) ist das Mittel aus der Lufttemperatur und der Temperatur der Raumumschließungsflächen. Sie wird auch empfundene Temperatur genannt und in untenstehender Formel mit 22 °C angesetzt.

Aus diesem Temperaturdifferenzkriterium lassen sich die maximalen Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) für eingebaute Zertifizierte transparente Passivhaus-Komponenten unter Heizbedingungen mit folgender Formel berechnen:

$$U_{transparent, installed} \leq \frac{4,2 \text{ K}}{(-0,03 \cdot \cos \beta + 0,13) \text{ m}^2 \text{ K} / \text{W} \cdot (\theta_{op} - \theta_e)}$$

⁷ f_{Rsi} ist der Temperaturfaktor an der kältesten Stelle des Fensterrahmens, alternativ an der käl-

Aufgrund der zusätzlichen Wärmeverluste durch die Einbauwärmehücke wird an die nicht eingebaute Komponente eine um 0,05 W/(m²K), an die Verglasung eine um 0,10 W/(m²K) erhöhte Anforderung in Bezug auf den Wärmedurchgangskoeffizienten der eingebauten Komponente gestellt.

Im Rahmen von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen zeigte sich, dass in wärmeren Heizklimata bessere Wärmedurchgangskoeffizienten als allein durch das Behaglichkeitskriterium gefordert zum ökonomischen Optimum führen. In diesen Klimata werden für die Zertifizierung Wärmedurchgangskoeffizienten gefordert, die sich am ökonomischen Optimum orientieren. Gleiches gilt für Kühlklimata.

Für unterschiedliche Klimata ergeben sich daraus als hinreichende Zertifizierungskriterien die in Tabelle 1 genannten Wärmedurchgangskoeffizienten.

3.3 Passivhauskriterium: Begrenzung des Zuglufttrisikos: $v_{Luft} \leq 0,1 \text{ m/s}$

Die Luftgeschwindigkeit muss im Aufenthaltsbereich kleiner 0,1 m/s sein. Dieses Kriterium begrenzt sowohl die Luftdurchlässigkeit eines Bauteils als auch den Kaltluftabfall. Mit der Einhaltung des Temperaturdifferenzkriteriums wird bei vertikalen Flächen auch das Zugluftkriterium eingehalten. Für geneigte Flächen ist dies noch nicht abschließend untersucht.

3.4 Randbedingungen für die Wärmestromsimulation

Tabelle 4: Randbedingungen für die Wärmestromsimulation

Klima	Wärmeübergangswiderstand R_s [m²K/W]			Temperatur [°C]
	Aufwärts 0° ... 60°	Horizontal 60° ... 120°	Abwärts 0° ... 60°	
Innen (DIN EN 6946)	0,10	0,13	0,17	20
Innen bei geneigten Verglasungen	$R_{Si} = -0,03 \cdot \cos \beta + 0,13$ (β = Neigungswinkel gegen die Horizontale)			
Innen erhöht (im Glasrandbereich)	0,20			
Innen für die Bestimmung von f_{Rsi}	0,25			
Außen (DIN EN 6946)	0,04			-10
Außen (hinterlüftet)	0,13			
Außen (gegen Erdreich)	0,00			

testen Stelle inklusive der Einbausituation. Bei glasteilenden Profilen (z. B. Pfosten) ist der geforderte Temperaturfaktor an mindestens einem der ausgewiesenen Profile nachzuweisen.

3.5 Berechnung von f_{Rsi}

Berechnung des Temperaturfaktors am Glasrand f_{Rsi} :
$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e}$$

Mit θ_{si} : Min. Innenoberflächentemperatur aus Wärmestromsimulation [°C]
 θ_e : Außentemperatur aus Wärmestromsimulation [°C]
 θ_i : Innentemperatur aus Wärmestromsimulation [°C]

Das Ergebnis wird auf 4 Nachkommastellen berechnet und auf 2 Nachkommastellen ausgegeben.

3.6 Berechnung von U-Werten

Um direkt vergleichbare thermische Kennwerte zu erhalten, werden für die einzelnen Komponenten in den unterschiedlichen Regionen jeweils die gleichen Glas-U-Werte angesetzt, siehe Tabelle 1. Bei horizontalen und geneigten Komponenten wird der tatsächliche Glas-U-Wert angesetzt.

U-Wert eines nicht eingebauten Bauteils
$$U = \frac{U_g \cdot A_g + U_f \cdot A_f + \Psi_g \cdot l_g}{A_g + A_f}$$

U: U-Wert des nicht eingebauten transparenten Bauteils [W/(m²K)] nach DIN EN ISO 10077-1:2009 Abschnitt 5.1

U-Wert eines eingebauten transparenten Bauteils
$$U_{installed} = \frac{U \cdot A_w + \sum l_i \cdot \Psi_i}{A_w}$$

$U_{installed}$: Wärmedurchgangskoeffizient des eingebauten Bauteils [W/(m²K)]
 A_w : Fläche des Fensters ($A_g + \sum A_f$) [m²]
 $\sum l_i \cdot \Psi_i$: Summe aller Einbaulängen [m] multipliziert mit dem jeweiligen Einbau- Ψ -Wert [W/(mK)]. Zur Ermittlung der geometrischen Kennwerte, vgl. Abschnitt 3.7, zur Ermittlung der Einbauwärmebrücke, vgl. Abschnitt 3.8.

3.7 Geometrische Kennwerte

Fassaden- und Dachflächenfenster

Vgl. DIN EN ISO 10077-1, Abschnitt 4

Zusätzlich: Profile z. B. zum Anschluss von Fensterbänken gehören zum Rahmen.

Pfosten-Riegel-Fassaden, Glasdach und Öffnungselemente im Glasdach

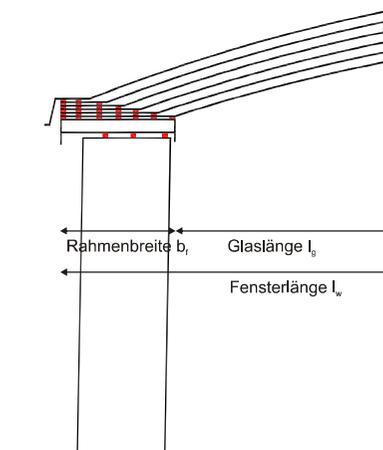
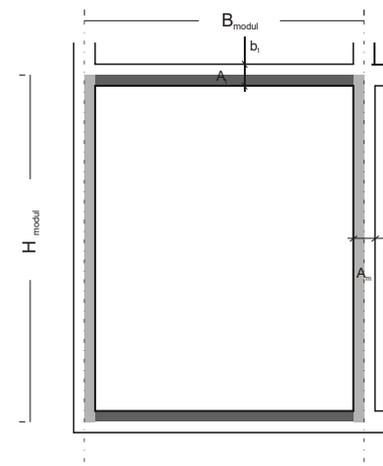
Vgl. DIN EN 12631. In Abweichung: Prüfmaß ist das Modulmaß ($B_{modul} * H_{modul} = 1,2 \text{ m} * 2,5 \text{ m}$). Eingebaut werden die Seiten links und unten. Hierfür wird die volle Pfosten-/Riegelbreite analog zu Fenstern angesetzt.

Oberlichter und Lichtkuppeln

Vgl. DIN EN ISO 10077-1 Abschnitt 4. Zusätzlich bzw. in Abweichung:

l_g ist das lichte Maß zwischen den Rahmen. b_r ist die auf die Horizontale projizierte Rahmenbreite. Befestigungsglaschen etc. zählen nicht zur Rahmenbreite. Oberlichthülse und Aufsatzkränze gehen in die Einbauwärmebrücke ein. Sie zählen nicht zum Rahmen. Als maximaler U-Wert für Aufsatzkränze/Oberlichthülse wird 0,30 W/(m²K) festgelegt. Dieser Wert ist nach DIN EN ISO 6946 nachzuweisen.

Bei gewölbten Lichtkuppeln weicht die tatsächliche Glaslänge bzw. Glasfläche von der in das PHPP einzugebenden, horizontal projizierten Glasfläche ab. Im Zertifikat und im Datenblatt wird die projizierte Fläche mit einem an die verringerte Fläche angepassten, entsprechend erhöhten U-Wert angegeben. Diese Werte können direkt in das PHPP übernommen werden.



3.8 Thermische Kennwerte

Rahmen-U-Wert und Glasrand- Ψ -Wert

Ermittlung mittels zweidimensionaler Wärmestromsimulation, vgl. DIN EN ISO 10077-2 Anhang C. In Abweichung:

Profile z. B. zum Anschluss von Fensterbänken gehören zum Rahmen. Es sind die tatsächlichen Glaseinstände anzusetzen.

Rahmen-U-Werte werden auf 4 Nachkommastellen berechnet und auf 2 Nachkommastellen angegeben. Alternativ können auch 3 Nachkommastellen angegeben werden.

Ψ -Werte werden auf 5 Nachkommastellen berechnet und auf 3 Nachkommastellen angegeben. Alternativ können auch 4 Nachkommastellen angegeben werden.

Einbau- Ψ -Wert

Ermittlung mittels zweidimensionaler Wärmestromsimulation. Das Modell zur Ermittlung des Ψ -Wertes am Glasrand wird detailgetreu um die Anschlusssituation erweitert. Dabei ist auf eine ausreichende Größe des Modells zu achten. Punktförmige Befestigungen des Rahmens gehen in der Regel nicht ein.

$$\Psi_{\text{install}} \text{ wird wie folgt ermittelt: } \Psi_{\text{install}} = \frac{Q_{\text{install}} - Q_{\text{glass-edge}} - U_{\text{wall}} \cdot l_{\text{wall}} \cdot \Delta\theta}{\Delta\theta}$$

Da in der Energiebilanz (PHPP) das Rahmenaußenmaß verwendet wird, ist dieses auch hier das Bezugsmaß. Dem entsprechend geht die Einbaufuge in die Einbauwärmebrücke ein.

Bestimmung des Schraubeneinflusses bei Pfosten-Riegel-Fassaden

Der Einfluss der Schrauben wird durch ΔU abgebildet und kann durch Messung nach DIN EN 1241-2 oder durch Berechnung mit einem 3D-Wärmestromprogramm ermittelt werden. Alternativ wird bei einem Schraubenabstand zwischen 0,2 m und 0,3 m bei Schrauben aus Edelstahl ein Pauschalwert von $\Delta U = 0,300 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ angesetzt.

ΔU , verursacht durch den Schraubeneinfluss, welcher wie folgt berechnet wird:

$$\Delta U = \frac{(Q_s - Q_0)}{l \cdot \Delta\theta \cdot b_t}$$

- Q_s : Wärmestrom mit Schrauben (ermittelt mit numerischem Verfahren oder durch Messung) [W]
 Q_0 : Wärmestrom ohne Schrauben (ermittelt mit numerischem Verfahren oder durch Messung) [W]
 l : Länge des Berechnungsmodells [m]
 $\Delta\theta$: Temperaturdifferenz zwischen innen und außen (Randbedingungen aus numerischem Verfahren oder Messung) [K]

Falls Pfosten und Riegel unterschiedliche Breiten haben, wird das kleinere Maß zur Berechnung herangezogen.

Bestimmung des Glasträgereinflusses bei Pfosten-Riegel-Fassaden

Der Einfluss der Glasträger wird durch den punktförmigen Wärmebrückenverlustkoeffizienten des Glasträgers χ_{GT} abgebildet und kann durch Messung nach DIN EN 1241-

2 oder durch Berechnung mit einem 3D-Wärmestromprogramm ermittelt werden. Alternativ wird pauschal bei Glasträger aus Metall: $\chi_{GT} = 0,040 \text{ W}/\text{K}$, bei Glasträger aus Nichtmetall mit Verschraubung: $\chi_{GT} = 0,004 \text{ W}/\text{K}$, bei Glasträger aus Nichtmetall: $\chi_{GT} = 0,003 \text{ W}/\text{K}$ angesetzt.

χ_{gc} geht multipliziert mit der Anzahl, der im Modul vorhandenen Glasträger, in die Berechnung des U-Wertes der Fassade ein. Werden die Glasträger verschraubt oder auf Bolzen aufgesteckt, sind diese Schrauben bzw. Bolzen in die Berechnung einzubeziehen. Es müssen Glasträger angesetzt werden, die in der Lage sind, eine dem Modulmaß entsprechende Dreischeibenverglasung zu tragen.

$$\chi_{gc} [\text{W}/(\text{mK})] \text{ berechnet sich wie folgt: } \chi_{gc} = \frac{Q_{gc} - Q_0}{\Delta\theta} \cdot l$$

- Q_{gc} : Wärmestrom mit Glasträger [W]
 Q_0 : Wärmestrom ohne Glasträger [W]
 $\Delta\theta$: Temperaturdifferenz zwischen innen und außen [K]

3.9 EnerPHit-Eignung / schrittweise durchgeführte Modernisierungen

Fenster und Fenstersysteme können zusätzlich als EnerPHit-Komponente ausgezeichnet werden. Diese Auszeichnung wird in der Datenbank durch das EnerPHit-Komponentensiegel kenntlich gemacht, die Zertifikate enthalten sodann die untersuchten Details einer schrittweisen Sanierung.

Die Eignung gilt als nachgewiesen, wenn die Komfort- und Hygienekriterien auch in mindestens einem Endzustand einer schrittweise durchgeführten Sanierung erreicht werden, sowie keine Taupunktunterschreitung im Zwischenzustand auftritt. Insofern keine schrittweise Sanierung erfolgt, werden die regulären Einbausituationen auf dem Zertifikat empfohlen.

Die Eignung für eine schrittweise durchgeführte Modernisierung kann über nachstehende Szenarien nachgewiesen werden. Dem Hersteller steht es dabei frei, mindestens ein Szenario zu wählen, es können jedoch auch mehrere oder alternative Schritte geprüft werden. Folgende Szenarien können geprüft werden:

A: Tausch des Fensters – Außendämmung im zweiten Schritt:

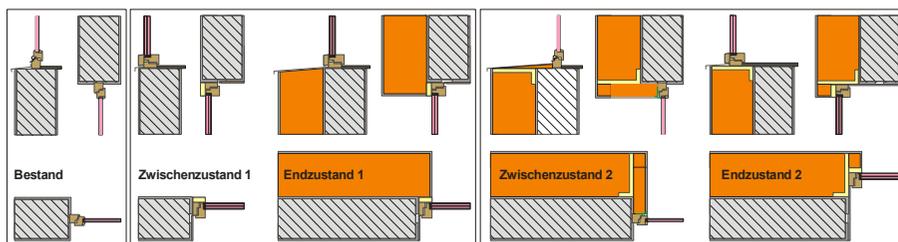
Zwischenzustand 1: Das neue Fenster wird bündig mit der Außenwand installiert, etwaige Zwischenlösungen sind schlagregensicher herzustellen

Endzustand 1: Im zweiten Schritt wird das Fenster mit der neuen Fassadenisolierung überdämmt

B: Tausch des Fensters im zweiten Schritt:

Zwischenzustand 2: Um die Einbauöffnung herum wird ein Montagerahmen installiert, an den die neue Dämmung anschließt. Der alte Rahmen wird mittels Laibungsdämmung überdämmt.

Endzustand 2: Der alte Fensterrahmen wird ausgebaut, der neue Fensterrahmen wird eingesetzt und fachgerecht angeschlossen.



Das PHI stellt auf Anfrage weitere Informationen zu diesem Sanierungsschema zur Verfügung. Eine beispielhafte Einbausituation wird ebenfalls zur Verfügung gestellt. Auf Wunsch kann von dieser Vorlage abgewichen und eine nachweislich geeignete, alternative Vorgehensweise beschrieben und im Detail dargestellt werden. Das Hygiene-Kriterium wird auch im eingebauten Zustand mit einem Wärmeübergangswiderstand innen von $0,25 \text{ m}^2\text{K/W}$ geprüft. Wird das Behaglichkeitskriterium für die jeweilige Klimazone mit dem in Tabelle 1 angegebenen Referenz- U_g -Wert nicht erreicht, wird der zur Kompensation erforderliche maximale Wärmedurchgangskoeffizient der Verglasung (U_g) ermittelt und zusammen mit den Verlustkoeffizienten der eingebauten Wärmebrücken auf dem Zertifikat ausgewiesen. Dabei ist sicherzustellen, dass die Wärmedurchgangskoeffizienten der Verglasung marktüblichen und realitätsnahen Werten entsprechen, ggf. durch Nachweis für die jeweilige Klimazone.

3.10 Zusätzliche Berücksichtigung von Verschattungselementen

Fensterintegrierte oder sonstige Verschattungselemente können mit in die Zertifizierung aufgenommen werden. Hierzu sind die Verschattungsfaktoren der Elemente nachzuweisen und die Verschattungen in den Einbausituationen und/oder dem Fenster (zusätzlich) zu berechnen. Die Möglichkeit der Verschattung wird prominent im Zertifikat und in der Komponentendatenbank des Passivhaus Instituts ausgewiesen.

3.11 Besondere Bestimmungen

Verbund- und Kastenfenster

- Anzusetzender Glas-U-Wert U_g : Tatsächlicher Glas-U-Wert aus der Kombination der Isolierglaseinheit (IGU), dem Luftzwischenraum und der vorgesetzten Verglasung. Dabei wird für die IGU bestenfalls mit dem Referenz- U_g -Wert angesetzt.
- Wärmeleitfähigkeit des Luftzwischenraumes aus dem R-Wert nach der Tabelle in DIN EN ISO 10077-2 Anhang C. Für Luftzwischenräume größer 50 mm kann der R-Wert für 50 mm aus der genannten Tabelle angesetzt werden. Alternativ kann die DIN EN ISO 673 zur Berechnung genutzt werden.
- Ansatz für das Eichpanel bei Kastenfenstern: Scheibengeometrie als Eichpanel, Luftzwischenraum wie vor, bei Verbundfenstern analog zur DIN EN ISO 10077-2.

Haustüren

- Die Höhe der Schwelle über dem Fertigfußboden darf max. 20 mm betragen (vgl. 18040-1, -2, Abschnitt 4.3.3.1).
- Die Haustür erreicht unter allen unten aufgeführten Randbedingungen die Luftdichtheitsklasse 3 nach DIN EN 12207 (bezogen auf die Fugenlänge).
- Die Luftdichtheit eines kompletten Türelements ist durch Messung entsprechend DIN EN 1026 unter den folgenden Randbedingungen zu ermitteln:
 - o Laborbedingungen. Das Labor muss von der zuständigen nationalen Aufsichtsbehörde akkreditiert sein, muss aber nicht unbedingt eine notifizierte Stelle sein.
 - o Randbedingungen nach DIN EN 1121, Prüfklima d: Innen $23 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$, $30 \pm 5 \text{ } \%$ rel. Luftfeuchte; außen $-15 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$, Prüfklima e: Innen $25 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$; Temperaturbelastung außen durch Infrarotstrahler $55 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ über Innentemperatur. Nur bei Holzhaustüren: Prüfklima "C": Innen $23 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$, $30 \pm 5 \text{ } \%$ rel. Luftfeuchte; außen $3 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$, $85 \pm 5 \text{ } \%$ rel. Luftfeuchte. Können diese Bedingungen von keinem Prüflabor in dem betreffenden Land eingehalten werden, muss eine alternative Strategie zum Nachweis der Luftdichtheit unter Klimabelastung mit dem PHI vereinbart werden.
 - o Die Prüfung ist abweichend von DIN EN 1121 für eine geschlossene, nicht verriegelte Tür durchzuführen. Zur Vereinfachung des Prüfablaufs kann die Verformung der Tür unter den angegebenen Klimarandbedingungen gemessen und bei der Messung des Fugendurchlasskoeffizienten nachgestellt werden. Bei komplett verglasten Türen kann auf eine Luftdichtheitsprüfung verzichtet werden, sofern nachgewiesen werden kann, dass die Tür ausreichend luftdicht ist.

- Zusätzliche Varianten mit Verglasung können im Zertifikat ausgewiesen werden. Zur Bestimmung der U_D -Werte kann mit dem U_g -Wert des real verbauten Glases gerechnet werden.
- Zusätzlich können weitere Rahmenschnitte für seitliche Verglasungen und Oberlichter ausgewiesen werden. Es wird der Referenz- U_g -Wert angesetzt.
- Der minimale Temperaturfaktor der jeweiligen Klimazone kann am Schwellenprofil unterschritten werden.
- In besonderen Fällen können 3D-Wärmestromsimulationen erforderlich werden, die bei Bedarf zwischen dem Auftraggeber und dem PHI abzustimmen sind.

Kunststofffenster

- Bei Kunststofffenstern ist eine adäquate Bewehrung für die jeweilige Referenzgröße anzusetzen.
- Die Bewehrung muss auch für farbige Fensterrahmen tauglich sein, andernfalls wird auf dem Zertifikat explizit eine Beschränkung auf bestimmte Farben genannt.
- Im Zertifikat wird die maximal zulässige Elementgröße mit der angesetzten Bewehrung angegeben.

Aluminiumfenster

- Ein Fenster gilt als Aluminiumfenster, wenn das Aluminium eine statische Funktion hat.

Elementfassaden

- Elementfassaden werden berechnet wie Pfosten-Riegel-Fassaden. Das bedeutet, dass die Wärmebrückenverlustkoeffizienten der Glasträger und mechanischen Befestigungen der Anpressleiste mit berücksichtigt werden.
- Halterungen oder Befestigungselemente verschiedener Elemente als auch die Verbindung zur Plattenkante sind zu berücksichtigen.
- Für den oberen Teil der Komponente im Bereich der (abgehängten) Geschossdecke sind eine opake Füllung mit der tatsächlichen Wärmeleitfähigkeit und die Wärmebrücken in der Verbindung zu Pfosten und Riegel anzusetzen.

Ansatz von Wärmeleitfähigkeiten (λ)

- Grundsätzlich wird ausschließlich der Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit in Ansatz gebracht.
- Liegt kein Bemessungswert vor, wird nach DIN EN ISO 10077-2:2012 Abschnitt

5.1 verfahren.

- Anisotropes Verhalten von Faser-Werkstoffen wird berücksichtigt: λ in Faserrichtung = Korrekturfaktor mal λ gegen Faserrichtung. Bei Holz beträgt der Korrekturfaktor 2,2, bei Faserverstärkten Kunststoffen in der Regel 1,5, sofern nicht abweichend belegt.

Reduzierte Emissivitäten bei metallischen Oberflächen

- Werden in geschlossenen Hohlräumen nach DIN EN ISO 10077-2 angesetzt.
- Auf Nachweis können niedrigere Emissivitäten angesetzt werden, der Nachweis muss anhand gealterter Proben erbracht werden.

Abstandhalter

- Warme-Kante-Abstandhalter können durch den Zertifikatsnehmer frei gewählt werden. Zur Berechnung werden die 2-Box-Modelle des Arbeitskreises Warme Kante (für Abstandhalter Box 2) herangezogen.
- Die Sekundärdichtung (Box 1):
 - o Ist frei wählbar, sofern für den gewählten Abstandhalter zugelassen
 - o Für Kategorien, bei denen die längste Seite des Referenzelementes kleiner oder gleich 1,5 m ist, werden standardmäßig 4 mm Randüberdeckung angenommen, bei größeren Elementen 6 mm.
 - o Bei Structural Glazing sind stets 6 mm Randüberdeckung anzusetzen.
 - o Legt der Hersteller einen Nachweis seines Isolierglasherstellers vor, aus der abweichende Randüberdeckungen hervorgehen, können diese angesetzt werden. Die Dichtstoffhöhe wird im Beschreibungstext der Komponente auf dem Zertifikat vermerkt.
 - o Sollte der gewählte Abstandhalter eine höhere Randüberdeckung erfordern, ist diese anzusetzen.
- Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, mit einer „Abstandhalter-Klasse“ entsprechend den Kriterien für „Abstandhalter in Wärmeschutzverglasungen“ des Passivhaus Instituts zu zertifizieren. Hierfür gelten folgende Referenz-Abstandhalter: Höhe der Box 2: 7 mm; Wärmeleitfähigkeit Box 2 [W/(mK)]: phA: 0,2, phB: 0,4, phC: 1,0.

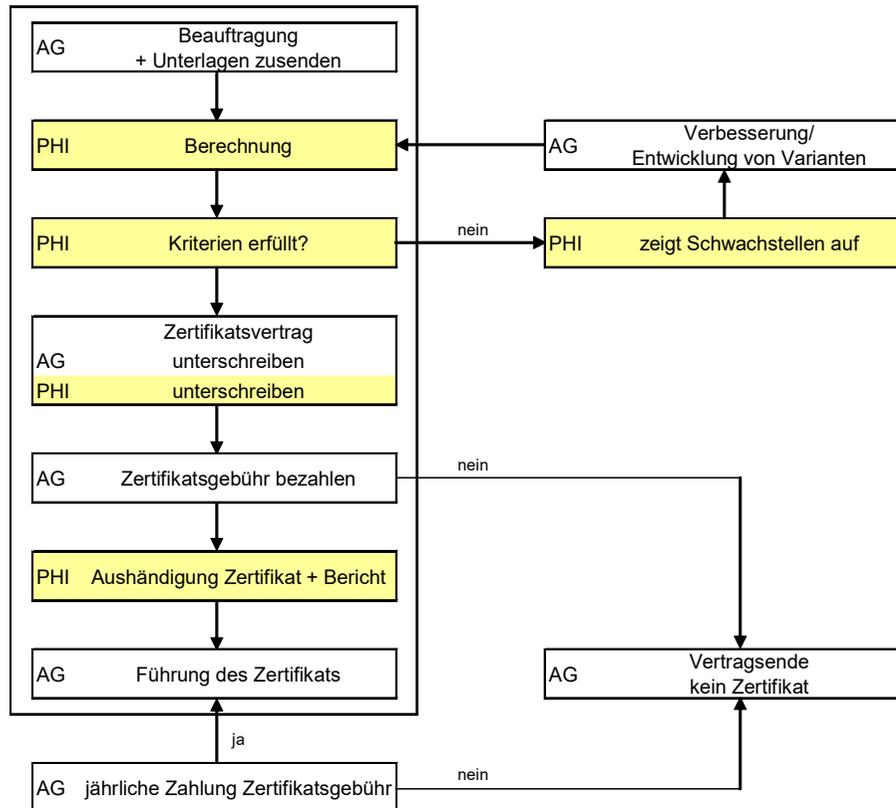
Weitere Festlegungen

- Bei Fenstern und Festverglasungen wird der Anschluss oben in der Massivwand mit Wärmedämmverbundsystem ohne Betonsturz berechnet
- Der Rahmenschnitt unten muss explizit eine Entwässerungsmöglichkeit vorsehen. Die Entwässerungsmöglichkeit ist Teil des Fensterrahmens, nicht Teil der Einbausituation.
- Blind- und Montagerahmen gehören zur Einbausituation.
- Das Produkt muss mindestens die Anforderungen der Klimazone des auf dem Zertifikat genannten Standortes erfüllen. Maßgeblich ist dabei die Klimazone, die sich aus dem Klimadatensatz des PHPP ergibt. Weitere Ausnahmen von dieser Regel können gemacht werden, wenn sich der genannte Standort im Grenzgebiet zweier Klimazonen befindet. Für Standorte im kalten Klima sind auch Zertifizierungen für das kühl-gem. Klima möglich, für Standorte im arktischen Klima sind auch Zertifizierungen für das kalte und kühl-gem. Klima möglich.

- Für Dreifach-Verglasungen wird ein Scheibenzwischenraum von 2 * 18 mm empfohlen. Ohne den Nachweis von Druckausgleichselementen ist die Summe aller Scheibenzwischenräume auf 40 mm begrenzt.

4 Formales, Leistungen des Passivhaus Institutes

4.1 Ablauf einer Zertifizierung



4.2 Benötigte Unterlagen

Die folgenden Unterlagen sind dem PHI vom Hersteller für die Berechnung zur Verfügung zu stellen.

1. **Schnittzeichnungen** (aller unterschiedlichen Schnitte) des Fensterrahmens bzw. der Pfosten/Riegel einschließlich eingebauter Drei-Scheiben-Wärmeschutzverglasung als DXF- oder DWG-Dateien.
2. Angabe der verwendeten **Materialien und Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeiten** (und ggf. der Rohdichte). Die Zuordnung der Materialien muss anhand der Zeichnungen eindeutig durchführbar sein (Legende, Schraffuren). Die Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeiten der verwendeten Materialien sind nach DIN V 4108-4, DIN EN ISO 10077-2 oder DIN EN ISO 10456 anzugeben. Wenn die Wärmeleitfähigkeit eines Materials nicht in den genannten Normen aufgeführt ist, kann sie auf der Grundlage einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen oder einer allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfung nachgewiesen werden. Wenn kein Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit angegeben werden kann, dann behält sich das PHI vor, einen Sicherheitszuschlag von 25 % vorzunehmen.
3. Genaue **Produktangabe des Abstandhalters**. Gegebenenfalls genaue Angaben zu Geometrie und Materialien, wenn der Abstandhalter dem PHI noch nicht bekannt ist.
4. **Zeichnungen von Einbauvarianten** für den Einbau in drei passivhaus-geeignete Außenwände mit der Klimazone entsprechenden Maximal-U-Werten, Schnittzeichnungen (aller unterschiedlichen Schnitte) als DXF- oder DWG-Dateien.

4.3 Leistungen des Passivhaus Institutes

Rahmenschnitte und Einbausituationen:

1. Aufarbeitung relevanter CAD-Zeichnungen gemäß vorzulegender Unterlagen für die weitere Berechnung nach Tabelle 3
2. Berechnung der für die Zertifizierung benötigten U- und Ψ -Werte in Anlehnung an die DIN EN 10077 und Berechnung des Temperaturfaktors.
3. Berechnung von Varianten zur wärmetechnischen Verbesserung des Rahmens nach Abstimmung mit dem Auftraggeber.

Der Aufwand für die Berechnung von Varianten wird nach vorheriger Absprache mit

dem Auftraggeber in Rechnung gestellt.

Dokumentation mit Zertifikatsbericht inklusive Isothermen-Darstellung.

Zertifizierung:

4. Führung des Zertifikats
5. Implementierung thermischer Kennwerte des Produkts in das Passivhaus Projektierungspaket PHPP.
6. Verwendung des Siegels „Zertifizierte Passivhaus-Komponente“ und, falls zutreffend, „EnerPHit-Komponente“ durch den Auftraggeber.

Darstellung in der Komponentendatenbank des Passivhaus Instituts

Die Komponente wird mit Zertifikat in der Komponentendatenbank des Passivhaus Instituts dargestellt. In der Kategorie „Fenstersystem“ kann die Komponente mit Echt-

Bild oder Rendering (durch den Auftraggeber zu liefern) dargestellt. In dieser Kategorie besteht die Möglichkeit, weitere Informationen zum zertifizierten Produkt wie Fotos, Grafiken und technische Unterlagen darzustellen.

Die die Verfügbarkeit der Komponente in verschiedenen Ländern kann mitgeteilt und dargestellt werden.

Darüber hinaus besteht gegen einen Aufpreis zur Zertifikatsgebühr die Möglichkeit, neben dem Hauptsitz des Zertifikatsnehmers weitere Produktions- oder Distributionsstandorte als Kartendarstellung auszuweisen.

4.4 Inkrafttreten, Übergangsbestimmungen, Weiterentwicklung

Die Zertifikatskriterien und Berechnungsvorschriften für passivhausgeeignete, transparente Bauteile treten vollumfänglich mit der Veröffentlichung dieses Dokumentes in Kraft. Mit dem Inkrafttreten dieser Bestimmungen verlieren die betreffenden bisherigen Kriterien ihre Gültigkeit. Bestehende Zertifikate haben bis auf weiteres Bestandsschutz. Das Passivhaus Institut behält sich zukünftige Änderungen vor.

5 Abkürzungen, Indizes, Formelzeichen

	English	Deutsch
A	area	Fläche
a _w	water activity	Wasseraktivität
OB	bottom section, openable	Rahmenschnitt unten, öffenbar
FB	bottom section for fixed glazing	Rahmenschnitt unten für Festverglasung
cw	curtain wall	Pfosten-Riegel-Fassade
cwi	glass roof	Glasdach
DJ	entrance door, jamb / hinge side	Eingangstür, Bandseite
DL	entrance door, locking side	Eingangstür, Schlossseite
ec	exterior corner	Außenecke
ed	entrance door	Haustüre
f	frame	Rahmen
FH	top section for fixed glazing	Rahmenschnitt oben für Festverglasung
FJ	side section for fixed glazing	Rahmenschnitt seitlich für Festverglasung
fm	flying mullion	Stulp
f _{RSI}	temperature factor	Temperaturfaktor
fx	fixed window	Rahmen mit Festverglasung
g	glass edge	Glasrand
g	glass	Glas
gc	glass carrier	Glasträger
H	heat loss	Wärmeverlust
i	installation	Einbau
K	Kelvin	Kelvin
l	length	Länge
0m	mullion for fixed glazing	Pfosten für Festverglasung
1m	mullion with one opening element	Pfosten mit einem Öffnungselement
2m	mullion with two opening elements	Pfosten mit zwei Öffnungselementen
ocwi	opening element in glass roof	Öffnungselement im Glasdach
OH	top section	Rahmenschnitt oben
OJ	side section, openable	Rahmenschnitt seitlich, öffenbar
OJ2	side with handle	Seitlich mit Drückergarnitur
OT	threshold	Schwelle
Rse	heat transfer resistance - external surface	Wärmeübergangswiderstand Außenoberfläche
Rsi	heat transfer resistance - internal surface	Wärmeübergangswiderstand Innenoberfläche
rw	roof window	Dachflächenfenster
sk	skylight	Oberlicht, Lichtkuppel
sl	sliding door	Schiebetüre
0t	transom for fixed glazing	Kämpfer für Festverglasung
1t	transom with one opening element	Kämpfer mit einem Öffnungselement
2t	transom with two opening elements	Kämpfer mit zwei Öffnungselementen
U	heat transfer coefficient	Wärmedurchgangskoeffizient
ve	ventilation	Lüftung
W	window	Fenster
wi	window	Fenster
ws	window system	Fenstersystem
xx	folding window	Faltanlage
β	inclination	Neigungswinkel
X	thermal bridge coefficient, point	Wärmebrückenverlustkoeffizient, punktförmig
ψ	thermal bridge coefficient, linear	Wärmebrückenverlustkoeffizient, linear

6 Gewählte Randbedingungen zur Bestimmung der Hygiene- und Behaglichkeitskriterien

Re- gion Nr.	Bezeichnung	Bedingungen für Hygienekriterium		Hygiene- kriterium		Taupunkt- kriterium		Außentemp. für Behaglich- keitskriterium [°C]	Maximale Wärmedurchgangskoeffizienten			
		θ_a	rHi	$\theta_{Si,min}$	f_{Rsi} =0,25m²K/W	$\theta_{Si,min}$	f_{Rsi} =0,25m²K/W		Orientierung	[°]	$U_{W,eingeb.}$	U_w
1	Arktisch	-34,00	0,40	9,20	0,80	6,00	0,74	-50	vertikal	90	0,45	0,40
									geneigt	45	0,50	0,50
									horizontal	0	0,60	0,60
2	Kalt	-16,00	0,45	11,00	0,75	7,80	0,66	-28	vertikal	90	0,65	0,60
									geneigt	45	0,70	0,70
									horizontal	0	0,80	0,80
3	Kühl-gemäßigt	-5	0,50	13	0,70	9	0,57	-16	vertikal	90	0,85	0,80
									geneigt	45	1,00	1,00
									horizontal	0	1,10	1,10
4	Warm-gemäßigt	3,00	0,55	14,00	0,65	10,70	0,45	-9	vertikal	90	1,05	1,00
									geneigt	45	1,10	1,10
									horizontal	0	1,20	1,20
5	Warm	10,00	0,70	15,50	0,55	14,30	0,43	-4	vertikal	90	1,25	1,20
									geneigt	45	1,30	1,30
									horizontal	0	1,40	1,40
6	Heiß	nicht relevant		nicht definiert		nicht definiert		nicht relevant			1,25	1,20
7	Sehr heiß	nicht relevant		nicht definiert		nicht definiert		nicht relevant			1,05	1,00